

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

## **CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



### **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL A LOS 20; 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA**

#### **TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Autores :**

**Bach. MARCEL ANGEL PEREZ CONCHA**

**Bach. RODNEY JAVIER PÉREZ CONCHA**

**Asesor :**

**Mg. JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO**

**JAÉN – PERÚ, FEBRERO, 2020**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 19 de FEBRERO del año 2020; siendo las 16:30 horas, se reunieron los Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente           Mg. MARCO ANTONIO MARTÍNEZ SERRANO  
Secretario           Mg. MARCO ANTONIO AGUIRRE CAMACHO  
Vocal                Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN

Para evaluar la Sustentación del INFORME FINAL DE TESIS; titulado: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL A LOS 20; 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA", presentado por los Bachilleres Marcel Angel Pérez Concha y Rodney Javier Pérez Concha de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los Miembros del Jurado Evaluador acuerdan:

☒ Aprobar      ☐ Desaprobar      ☒ Unanimidad      ☐ Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	( )
Muy bueno	16, 17	( )
Bueno	14, 15	(14)
Regular	13	( )
Desaprobado	12 o menos	( )

Siendo las 17:20 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. MARCO ANTONIO AGUIRRE CAMACHO  
Secretario Jurado Evaluador

Mg. MARCO ANTONIO MARTÍNEZ SERRANO  
Presidente Jurado Evaluador

Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN  
Vocal Jurado Evaluador

# ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Pregunta de Investigación .....	3
1.3. Hipótesis .....	3
II. OBJETIVOS .....	4
2.1. Objetivo General .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1. Variables.....	5
3.2. Materiales .....	5
3.2.1. Unidad de estudio.....	5
3.2.2. Población.....	5
3.2.3. Muestra.....	6
3.2.4. Tipo y Diseño de la investigación .....	6
IV. RESULTADOS .....	21
4.1. Pruebas rápidas de campo .....	21
4.2. Ensayos para la clasificación del suelo .....	21

4.2.1. Contenido de humedad .....	21
4.2.2. Límites de consistencia .....	22
4.2.3. Análisis granulométrico .....	23
4.3. Ensayos en el laboratorio a los adobes elaborados.....	25
4.3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión .....	25
4.3.2. Ensayo de Absorción de humedad .....	31
V. DISCUSIÓN .....	36
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
6.1. Conclusiones .....	40
6.2. Recomendaciones .....	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXO	

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 . Determinación del contenido de humedad.....	28
Tabla 2 . Determinación de los límites de consistencia.....	29
Tabla 3 . Análisis granulométrico del suelo por tamizado.....	30
Tabla 4 . Resumen de los ensayos de Suelos.....	31
Tabla 5 . Resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 20 días.....	32
Tabla 6 . Resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 28 días.....	33
Tabla 7 . Resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 36 días.....	34
Tabla 8 . Resumen del promedio de la resistencia a la compresión y peso.....	34
Tabla 9 . Resumen general de la resistencia a la compresión.....	36
Tabla 10 . Análisis de varianza y prueba de significancia de Tukey.....	37
Tabla 11 . Absorción de agua de los bloques de adobe.....	39
Tabla 12 . Resumen promedio de absorción de agua.....	40
Tabla 13 . Resumen general de absorción de agua.....	41
Tabla 14 . Análisis de varianza y prueba de significancia de Tukey.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 . Reconocimiento de canteras en el sector Fila Alta.....	14
Figura 2 . Realizando la prueba “Cinta de barro”.....	15
Figura 3 . Realizando la prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”.....	15
Figura 4 . Ubicación de la cantera en estudio.....	16
Figura 5 . Secado de la muestra húmeda en el horno.....	17
Figura 6 . Pesado de la muestra.....	17
Figura 7 . Realizando el Límite Líquido.....	18
Figura 8 . Realizando el Límite Plástico.....	18
Figura 9 . Ensayo de granulometría por el método de lavado.....	19
Figura 10 . Granulometría del material después de lavado y secado en el horno.....	19
Figura 11 . Carta de Plasticidad.....	20
Figura 12 . Zarandeo de la tierra.....	21
Figura 13 . Cáscara de arroz como material estabilizador.....	21
Figura 14 . Adicionando agua potable para la elaboración de la mezcla.....	21
Figura 15 . Dormido de la mezcla durante 48 horas.....	21
Figura 16 . Humedecimiento de los moldes.....	22
Figura 17 . Tendal con arena fina.....	22
Figura 18 . Elaboración de los adobes para resistencia a la compresión.....	22
Figura 19 . Adobes postrados sobre tendal de arena fina.....	22
Figura 20 . Secado de adobes en protección del sol.....	23
Figura 21 . Secado de adobes para ensayos de absorción.....	23
Figura 22 . Pesado de las unidades de adobe.....	24
Figura 23 . Adobes rotulados.....	24
Figura 24 . Probeta de adobe en el ensayo de resistencia a la compresión.....	24
Figura 25 . Ensayo de resistencia a la compresión culminado.....	24
Figura 26 . Especímenes rotulados para ser ensayados a absorción.....	25
Figura 27 . Secado de los adobes en el horno por 24 horas.....	25
Figura 28 . Adobes en bolsas plásticas para ser llenadas con agua.....	25
Figura 29 . Adobes en bolsas plásticas sumergidas en un tanque con agua.....	25
Figura 30 . Probetas de adobe saturadas.....	26

Figura 31 . Pesado de los adobes saturados.....	26
Figura 32 . Ensayo de absorción culminado.....	26
Figura 33 . Diagrama de contenido de humedad y número de golpes.....	29
Figura 34 . Curva de distribución granulométrica.....	31
Figura 35 . Promedio F'c Vs peso.....	35
Figura 36 . F'c Vs norma E. 080.....	35
Figura 37 . Resistencia a la compresión del adobe según tiempo de secado.....	37
Figura 38 . Promedios % Absorción Vs Promedios Peso.....	40
Figura 39 . Absorción de humedad del adobe según tiempo de secado.....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS-ENSAYOS DE SUELOS .....	54
ANEXO 2: RESULTADOS - ENSAYOS A LOS BLOQUES DE ADOBE .....	58
ANEXO 3: RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	63
ANEXO 3.1: Ensayo de Resistencia a la Compresión .....	63
ANEXO 3.2: Ensayo de Contenido de Humedad.....	66
ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO .....	69

## RESUMEN

La presente investigación evaluó la resistencia a la compresión y absorción del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado, con adición de cáscara de arroz, en la ciudad de Jaén. Es una investigación de campo con diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 13 unidades de adobes (de 10 cm de arista) para evaluar la resistencia a la compresión ( $\text{Kg/cm}^2$ ) y cinco unidades de adobes (de 16 x 36 x 10 cm de altura) para evaluar el % de absorción de agua en cada periodo de tiempo. Se realizó ANOVA, Tukey y correlación lineal de Pearson con un nivel de significancia estadística ( $p < 0,05$ ). Para la resistencia a la compresión del adobe hubo diferencia significativa el día 36, siendo mayor al obtenido en los días 28 y 20; y el día 28, superior al día 20. En cuanto al (%) absorción de agua de los bloques de adobe hubo diferencia significativa el día 36, siendo mayor al día 20; y el día 28, superior al día 20. Hubo correlación de las variables en cada ensayo, a medida que aumentó los días de secado, aumentó la resistencia a la compresión y % de absorción de agua; y viceversa.

**Palabras clave:** Probeta de adobe, tiempo de secado, resistencia a la compresión, absorción de humedad.



## **ABSTRACT**

The present investigation evaluated the resistance to compression and absorption of the traditional adobe at 20, 28 and 36 days of drying, with the addition of rice husk, in the city of Jaén. It is a field research with experimental design. The sample consisted of 13 units of adobes (10 cm edge) to evaluate the compressive strength (Kg / cm<sup>2</sup>) and five units of adobes (16 x 36 x 10 cm high) to evaluate the % absorption of water in each period of time. ANOVA, Tukey and Pearson's linear correlation were performed with a level of statistical significance ( $p < 0.05$ ). For the compressive strength of adobe there was a significant difference on day 36, being greater than that obtained on days 28 and 20; and on day 28, higher than day 20. Regarding the (%) water absorption of adobe blocks, there was a significant difference on day 36, being greater than day 20; and on day 28, higher than day 20. There was a correlation of the variables in each trial, as the days of drying increased, the compressive strength and % water absorption increased; and vice versa.

**Keywords:** Adobe test tube, drying time, compressive strength, moisture absorption.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

El adobe es un material de construcción barato hecho con arena, arcilla y agua, al que normalmente se le añade fibra o material orgánico, generalmente paja (o bien otras fibras vegetales como pasto o incluso estiércol). Es elaborado de modo tradicional, moldeado en forma de ladrillo y se deja secar al sol (Ruiz y Vidal, 2014).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017) reporta que en la región Cajamarca, el 70.3 % de viviendas son hechas de adobe o tapial. El adobe posee una resistencia mecánica a la compresión axial extremadamente baja hasta 10 veces menor en comparación a la mampostería de arcilla cocida (Arroyo, Sánchez y Catalán, 2013); siendo este uno de los principales problemas para las edificaciones elaboradas con este material, debido a que estas no cuentan con elementos estructurales que conecten las cargas de la estructura hacia el suelo teniendo que ser depositadas sobre los muros de adobe los cuales cumplen la función de tabiquería y soporte, es por tal motivo que urge mejorar la calidad del adobe en cuanto a aumentar su resistencia a la compresión.

Las construcciones tradicionales de adobe responden muy mal a las sacudidas sísmicas, debido a que carecen de ductilidad y son muy frágiles, dando como resultado fallos repentinos bajo cargas sísmicas. El deficiente comportamiento sísmico de estas construcciones se debe al peso de las estructuras, su baja resistencia y su comportamiento frágil (Blondet et al., 2011 citado por Ruiz y Vidal, 2014).

La Norma E.080 - RNE regula los parámetros de producción, la cual exige de manera estricta y obligatoria que los adobes elaborados ofrezcan una resistencia mínima a la compresión de 1.0 MPa (10.2 Kgf/cm<sup>2</sup>); de esta manera incentiva a producir adobes de

mejor calidad; caso contrario, con el desconocimiento e infracción de esta normativa se pone en riesgo la integridad física, infraestructura y economía de las personas que edifican con este material.

Manrique (2016) fabricó adobes aplicando cuatro tratamientos de 10 %, 20 %, 30 % y 40 % de cáscara de arroz secándolos por 35 días, obteniendo que los adobes con 40 % de cáscara de arroz pesaban 3.60 Kg (menor peso promedio) con una resistencia a la compresión de 80.58 kg/cm<sup>2</sup> superando al resto. Los adobes con 10 % de cáscara de arroz tuvieron el mayor peso de 4.18 Kg; sin embargo, tenían la más baja resistencia a la compresión promedio de 27.84 kg/cm<sup>2</sup>.

Por motivo que la norma E.080 – RNE le confiere al adobe un mal comportamiento frente a inundaciones, es que hemos complementado esta investigación con la incorporación de ensayos de absorción de humedad, con la finalidad de determinar su resistencia frente a la humedad.

Lozano y Zurita (2019) ensayaron 24 probetas de adobe a pruebas de absorción de humedad entre especímenes estabilizados con confitillo y sin confitillo donde sólo fueron posibles determinar su capacidad de absorción de dos muestras las cuales corresponden al tratamiento con 0 % de confitillo obteniendo una absorción de 10.24 %, y los adobes estabilizados con confitillo ninguno pudo pasar la prueba de absorción, debido a que se disolvieron y se convirtieron en masas de barro, concluyendo que la adición de confitillo no es favorable a mejorar sus índices de absorción de humedad.

Cabrera y Huaynate (2010) realizaron ensayos de absorción utilizando adobes tradicionales y adobes cubiertos con impermeabilizante Plasticoat, obteniendo como resultado que ambos tipos de adobe perdieron su forma original (rectangular), transformándose en lodo y desintegrándose totalmente, siendo imposible determinar la absorción de humedad, concluyendo que la prueba de absorción no es aplicable en adobes tradicionales.

En la actualidad, en nuestro país no existen estudios sobre la variación del tiempo de secado para el adobe, por lo que la información es muy escasa. Más aún, en la localidad de Jaén que hasta la fecha no se cuenta con información exacta de la calidad de adobe que se produce.

En base a las estadísticas que se registran y al problema mencionado, surge la necesidad y el interés de buscar soluciones, para mejorar la calidad del adobe artesanal para la construcción de viviendas más seguras, por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado en la ciudad de Jaén – Cajamarca.

## **1.2. Pregunta de Investigación**

¿Cuál es la resistencia a la compresión del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado en la ciudad de Jaén – Cajamarca?

## **1.3. Hipótesis**

Los adobes secados a los 28 días alcanzan una resistencia a la compresión superior a  $1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ Kgf/cm}^2$ .

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar la resistencia a la compresión del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado en la ciudad de Jaén – Cajamarca.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar y clasificar el material suelo para la elaboración de adobe tradicional.
- Determinar la resistencia a la compresión del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado.
- Comparar la resistencia a la compresión del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado.
- Determinar la absorción de agua del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado.
- Comparar la absorción de agua del adobe tradicional a los 20, 28 y 36 días de secado.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Variables**

##### ***Variables independientes:***

Tiempo de secado del adobe a los 20, 28 y 36 días.

##### ***Variables dependientes:***

- Resistencia a la compresión del adobe.
- Absorción del adobe.

#### **3.2. Materiales**

##### **3.2.1. Unidad de estudio**

Adobes secados a los 20, 28 y 36 días.

##### **3.2.2. Población**

Se realizaron 50 unidades de adobes de las cuales aleatoriamente se tomaron 39 para determinar su resistencia a la compresión, y para el ensayo de absorción se realizaron 25 unidades de adobes de las cuales se tomaron 15 aleatoriamente, haciendo un total de 54 bloques de tierra ensayadas.

### **3.2.3. Muestra**

La muestra fue probabilística, por ello se calculó de acuerdo a la norma E.080 - RNE, la cual indica un mínimo de 6 cubos de adobes (10 cm de arista) para los ensayos de resistencia a la compresión; por lo que se optó por 13 unidades de adobes para cada periodo de trabajo (20, 28 y 36 días) con la finalidad de obtener mayor aproximación estadística, haciendo un total de 39 unidades de adobes, constituyéndose la muestra final.

Para la prueba de absorción se seleccionaron cinco unidades de adobe con dimensiones de 36 x 18 x 10 cm de altura para cada periodo, haciendo un total de 15 muestras.

### **3.2.4. Tipo y Diseño de la investigación**

Es una investigación de campo con diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres periodos de tiempo (20, 28 y 36 días) y 13 unidades de adobes por periodo, haciendo un total de 39 unidades experimentales para el ensayo de resistencia a la compresión.

Para la prueba de absorción se utilizaron cinco unidades para los mismos periodos, haciendo un total de 15 adobes.

#### **A. Trabajo de campo:**

##### **a. Selección de cantera**

Para la selección del material (tierra) a utilizar para la elaboración de adobes, se visitó una cantera del sector Fila Alta de la ciudad de Jaén, donde se realizaron pruebas rápidas de campo (de acuerdo a la norma E.080 - RNE), para determinar si el suelo de dicha cantera es adecuado para la fabricación de adobes.



*Figura 1. Reconocimiento de cantera en el sector Fila Alta – Jaén*

➤ **Prueba de cinta de barro**

Esta prueba se realizó utilizando una muestra de barro húmeda, la cual permitió hacer un cilindro aproximadamente de 12 mm de diámetro, se colocó en una mano aplanándose poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de aproximadamente 4 mm de espesor y se dejó descolgar lo más que se pudo hasta alcanzar una longitud entre 20 y 25 cm aproximadamente. Esta prueba se la realizó en un tiempo aproximado de 10 minutos.

➤ **Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca.**

Con tierra de la cantera seleccionada y la mínima cantidad de agua se formaron cuatro bolitas capaces de secarse sin deformarse significativamente a simple vista. Las bolitas se secaron por 48 horas protegidas de la lluvia y humedad, luego se las presionó fuertemente a cada una de ellas con los dedos pulgar e índice de una mano, con la finalidad de determinar si estas se rompen, quiebran o agrietan, para evaluar si el sustrato a emplear es apto o no para la elaboración de adobes.





*Figura 2. Realizando la Prueba “Cinta de barro”.*



*Figura 3. Realizando la prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”.*

## **b. Ubicación de la cantera**

### ***Ubicación geográfica:***

El sector elegido para el presente estudio se denomina Asentamiento Humano Fila Alta y está ubicado en la ciudad de Jaén en la zona Nor-Oriental de la Región Cajamarca a 295 Km de la ciudad de Chiclayo y a 4 Km aproximadamente al sur de la ciudad de Jaén (Ref. Plaza de Armas).

Se encuentra ubicada a 5°44'28.78" Latitud Sur y 78°47'12.54" Longitud Oeste, a una altura de 822 m.s.n.m.

- Departamento: Cajamarca.
- Provincia : Jaén.
- Distrito : Jaén
- Sector : Fila Alta



*Figura 4. Ubicación de la cantera en estudio*  
*Fuente: Google Earth, 2019*

### **c. Estudio de suelos en el laboratorio**

Para determinar el tipo de sustrato con el que se elaboraron los adobes, se realizó un estudio de suelos en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén. Se efectuaron los siguientes ensayos:

#### ***Contenido de Humedad***

Este ensayo se realizó siguiendo la norma MTC E - 108 / ASTM D 2216 con la finalidad de determinar la relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas.



*Figura 5. Secado de la muestra húmeda en el horno.*



*Figura 6. Pesado de la muestra*

### ***Límites de consistencia o Atterberg.***

Los límites de consistencia se determinaron empleando suelo que pasó la malla N°40.

#### ***i. Límite Líquido***

Este ensayo se realizó siguiendo la norma MTC E -110 / ASTM D 4318 y fue útil para determinar el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.

#### ***ii. Límite Plástico e Índice de Plasticidad***

Este ensayo se realizó siguiendo la norma MTC E - 111 / ASTM D 4318 y fue útil para determinar el límite líquido, que es la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen. Se determinó el índice de plasticidad como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

Según los valores obtenidos en los ensayos de Límites de Consistencia Crespo (2004) los clasifica como:

*Constituidos por arcillas inorgánicas*

- a)  $LL < 50 \%$  e  $IP > 7 \%$  (Arcillas inorgánicas de baja plasticidad)
- b)  $LL > 50 \%$  (Arcillas inorgánicas de plasticidad media)

*Constituidos por limo inorgánicos*

- a)  $LL < 50 \%$  e  $IP < 4\%$  (Limos inorgánicos de compresibilidad media)
- b)  $LL \geq 50 \%$  (Limos inorgánicos de alta compresibilidad)



*Figura 7. Realizando el Límite Líquido.*



*Figura 8. Realizando el Límite Plástico.*

***Granulometría***

Este ensayo se realizó siguiendo la norma MTC E - 107 / ASTM D 422 con la finalidad de determinar la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo muestreado, clasificando sus partículas por tamaños.



*Figura 9. Realizando el ensayo de granulometría por el método de lavado.*



*Figura 10. Realizando la granulometría del material después de lavado y secado en el horno.*

### **Clasificación del suelo**

Se consideró la información proporcionada por la carta de plasticidad puesto que es la base para la clasificación de los suelos de grano fino según el sistema SUCS considerando que:

Un suelo se considera fino si pasa más del 50 % de sus partículas por el tamiz N° 200. Los limos son suelos de grano fino con un límite líquido y un índice de plasticidad que resulten puntos por debajo de la línea “A” (esta definición no es válida para las arcillas orgánicas, puesto que el límite líquido y el índice de plasticidad de estos suelos dan puntos por debajo de la línea “A”). Los suelos de grano fino se subdividen en limos (M) y arcillas (C), según su límite líquido y su índice de plasticidad. El limo y la arcilla se dividen a su vez en dos grupos secundarios, basados en el hecho que el suelo tiene un límite líquido bajo (L = Low) o alto (H = High) (Mantilla, 2018).



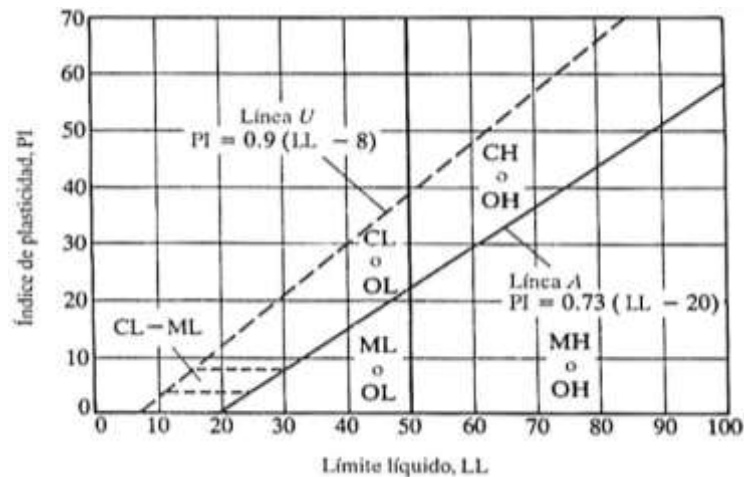


Figura 11. Carta de Plasticidad  
Fuente: Crespo, 2004.

Además también para la clasificación de suelos SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos) se consideró:

- Porcentaje de la fracción que pasa por el tamiz N° 200.
- Forma de la curva de distribución granulométrica.
- Características de Plasticidad y Compresibilidad.

#### d. Fabricación de adobe

Una vez procesada la muestra del suelo y obtenido el más adecuado para la elaboración de adobes, se zarandó la tierra para evitar la presencia de partículas indeseables. Este procedimiento se realizó sobre un plástico para evitar que el sustrato se desperdicie y contamine con otras impurezas. Luego se preparó el sustrato agregando cáscara de arroz aproximadamente en una proporción del 40 % respecto al volumen de la mezcla. Se consideró este criterio por ser el más usado por los productores de la zona y también según Manrique, 2016.



*Figura 12. Zarandeo de la tierra de la cantera para eliminar el material indeseable.*



*Figura 13. Adicionando cáscara de arroz como material estabilizador.*

Se agregó agua potable a la mezcla teniendo en cuenta de no exceder el 20 % respecto al peso del contenido seco, según lo exige la norma E.080, para luego ser batido el barro y posteriormente mantenerse en un proceso de hidratación sostenida por 48 horas (dormido).



*Figura 14. Adicionando agua potable para la elaboración de la mezcla.*



*Figura 15. Dormido de la mezcla durante 48 horas.*

Sobre moldes de madera humedecidas de 10 cm de arista para el ensayo de resistencia a la compresión y moldes de 36 x 18 x 10 cm de altura para el ensayo de absorción se vertió la mezcla en un tendal cubierto con arena fina, con el propósito de eliminar restricciones y encogimiento durante el secado.



*Figura 16. Humedecimiento de los moldes para facilitar el desprendimiento de la mezcla.*



*Figura 17. Tendal con arena fina donde van a reposar los adobes para el secado.*

Se elaboraron 50 adobes para el ensayo de resistencia a la compresión y 25 para absorción, haciendo un total de 75 bloques de adobe, para tres periodos de tiempo (20, 28 y 36 días).



*Figura 18. Elaboración de los adobes para resistencia a la compresión.*



*Figura 19. Adobes postrados sobre tendal de arena fina.*



#### e. Secado de los adobes

El tiempo del secado de los adobes fue 20, 28 y 36 días y se realizó sobre un tendal protegido del sol y el viento. Pasados los tres días de elaboración, los adobes fueron colocados de canto y periódicamente fue variando su posición de reposo con la finalidad de secarlos uniformemente. Los bloques de adobe terminado estuvieron libres de materias extrañas, grietas u otros defectos que pudieran degradar su resistencia y durabilidad.



*Figura 20. Secado de adobes en protección del sol.*



*Figura 21. Secado de adobes para ensayos de absorción.*

#### f. Ensayo de resistencia a la compresión

Este ensayo se realizó siguiendo el Artículo 8°, numeral 8.1 de la norma E.080 - RNE “Esfuerzos de rotura mínimos”, ensayándose 13 unidades para cada periodo de secado (20, 28 y 36 días), haciendo un total de 39 unidades ensayadas. Este ensayo se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.



*Figura 22. Pesado de las unidades de adobe.*



*Figura 23. Adobes rotulados antes de ser sometidos a compresión.*



*Figura 24. Probeta de adobe fracturada en el ensayo de resistencia a la compresión.*



*Figura 25. Ensayo de resistencia a la compresión culminado en presencia del responsable del laboratorio.*

### **g. Ensayo de Absorción**

Se realizó siguiendo la Norma ASTM C - 127 donde las probetas de adobe fueron secadas en el horno por un periodo de 24 horas a  $110 \pm 5$  °C de temperatura.



*Figura 26. Especímenes rotulados para ser ensayados a absorción.*



*Figura 27. Secado de los adobes en el horno por 24 horas.*

Después de secadas la probetas en el horno se las pesó con una aproximación de 0.5 g, luego se colocó cada probeta dentro de bolsas individuales; a cada bolsa se la llenó con agua para ser sumergidas en un tanque conteniendo agua, con la finalidad que la muestra saturada no perdiera partículas de suelo y que todo el sustrato se contenga en la bolsa y no se desperdicie material. La sumersión en agua se dio por un periodo de 24 horas.



*Figura 28. Adobes en bolsas plásticas para ser llenadas con agua.*



*Figura 29. Adobes en bolsas plásticas enrasadas con agua y sumergidas en un tanque con agua.*

Después de pasadas las 24 horas, por decantación se eliminó el agua superficial excedente en cada muestra saturada, con la finalidad de pesarlas y registrar solo el agua contenida en el cuerpo del adobe.



*Figura 30. Probetas de adobe saturadas después de sumergidas 24 horas en agua.*



*Figura 31. Pesado de los adobes saturados para determinar su absorción.*



*Figura 32. Ensayo de absorción culminado.*

## **B. Análisis de datos**

Los datos se vaciaron en el programa Excel 2013 y el análisis estadístico de los datos se realizó con el programa IBM SPSS Statistics 25 (SPSS 25.0). Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de significancia estadística Tukey, con el objeto de evaluar los diferentes periodos de secado (20, 28 y 36 días) y su incidencia en la resistencia a la compresión y absorción de los adobes; además, la correlación lineal de Pearson. El nivel de significancia estadística fue  $p < 0,05$

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Pruebas rápidas de campo para selección de canteras según la norma E.080 - RNE

**Prueba de cinta de barro:** Al culminar la ejecución de esta prueba la cinta de barro alcanzó una longitud de 22 cm de largo.

**Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca:** Para esta prueba se presenció que ninguna de las cuatro bolitas ensayadas se quebraron, rompieron o agrietaron.

### 4.2. Ensayos para la clasificación del suelo

#### 4.2.1. Contenido de humedad

*Tabla 1. Determinación del contenido de humedad en las muestras de suelo según las Normas MTC E - 108 / ASTM D 2216*

Suelo	Muestras			Promedio
	1	2	3	
Peso del suelo húmedo (g) + contenedor (g)	690.37	702.34	680.54	
Peso del suelo seco (g) + contenedor (g)	646.21	657.43	636.54	
Peso del contenedor (g)	0	0	0	
Peso del suelo húmedo (g)	690.37	702.34	680.54	
Peso del suelo seco (g)	646.21	657.43	636.54	
Peso del agua (g)	44.16	44.91	44.00	
Contenido de humedad (%)	<b>6.83</b>	<b>6.83</b>	<b>6.91</b>	<b>6.86</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De acuerdo a la tabla 1, el contenido de humedad fue similar en las muestras 1 y 2, mientras que en la muestra 3 fue superior, siendo que el valor promedio del suelo natural es de 6.86 %. El peso del suelo húmedo y suelo seco fue mayor en la muestra 2.

#### 4.2.2. Límites de consistencia

Tabla 2. Determinación de los límites de consistencia o Atterberg de muestras del suelo según las Normas MTC E-110; MTC E-111/ASTM D 4318

Variables	Límite líquido			Límite plástico	
	1	2	3	1	2
N° del contenedor					
Peso del contenedor + suelo húmedo (g)	55.18	56.52	54.40	49.46	49.36
Peso del contenedor + suelo seco (g)	51.01	52.17	51.06	47.95	47.53
Peso del contenedor (g)	40.81	39.72	39.95	42.09	40.7
Peso del suelo húmedo (g)	14.37	16.80	14.45	7.37	8.66
Peso del suelo seco (g)	10.20	12.45	11.11	5.86	6.83
Peso del agua (g)	4.17	4.35	3.34	1.51	1.83
Contenido de humedad	40.88	34.94	30.06	25.77	26.79
<b>Promedio de humedad (%)</b>	<b>35.30</b>			<b>26.28</b>	
N° de Golpes	17.00	26.00	36.00		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Por lo tanto:

<b>L.L.</b>	35.30	≈	<b>35</b>
<b>L.P.</b>	26.28	≈	<b>26</b>
<b>I.P.</b>	9.01	≈	<b>9</b>

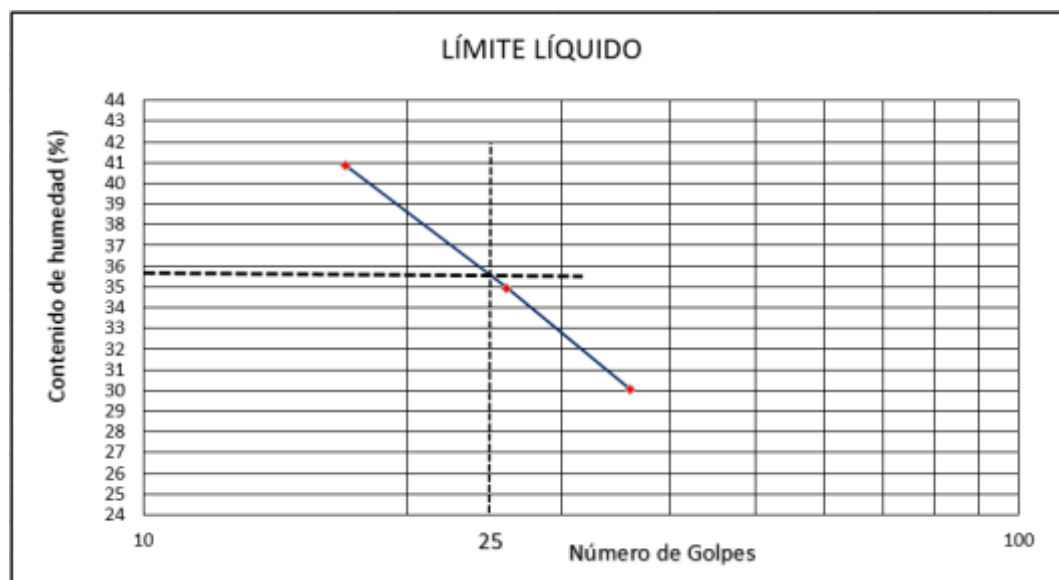


Figura 33. Diagrama del contenido de humedad y número de golpes.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este ensayo arrojó valores de 35 %, 26 % y 9 % para el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad respectivamente.



#### 4.2.3. Análisis granulométrico

Tabla 3. Análisis granulométrico del suelo por tamizado según Norma MTC E - 107 / ASTM D 422.

TAMIZ		Retenido (g)	(%) Retenido	(%) Reteni. Acumulado	(%) Que Pasa	CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Serie Amer.	ASSHTO T-27 (mm)						
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Seco Inicial (g)	526.11
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Material > N°4:	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Material > N°4:	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Material < N°200:	85.28
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Grava:	0.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Arena:	9.73
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Finos:	90.27
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad:	6.86
N° 4	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido:	35
N° 10	4.750	5.09	0.97	0.97	99.03	Límite Plástico:	26
N° 20	2.000	9.81	1.86	2.83	97.17	Índice Plástico:	9
N° 40	0.840	16.08	3.06	5.89	94.11	Clasificación SUCS:	ML
N° 60	0.425	20.19	3.84	9.73	90.27		
N° 140	0.250	4.41	0.84	10.56	89.44		
N° 200	0.110	21.86	4.16	14.72	85.28		
< N° 200	< 0.075	448.67	85.28		100.00		

Fuente: Elaboración propia, 2020



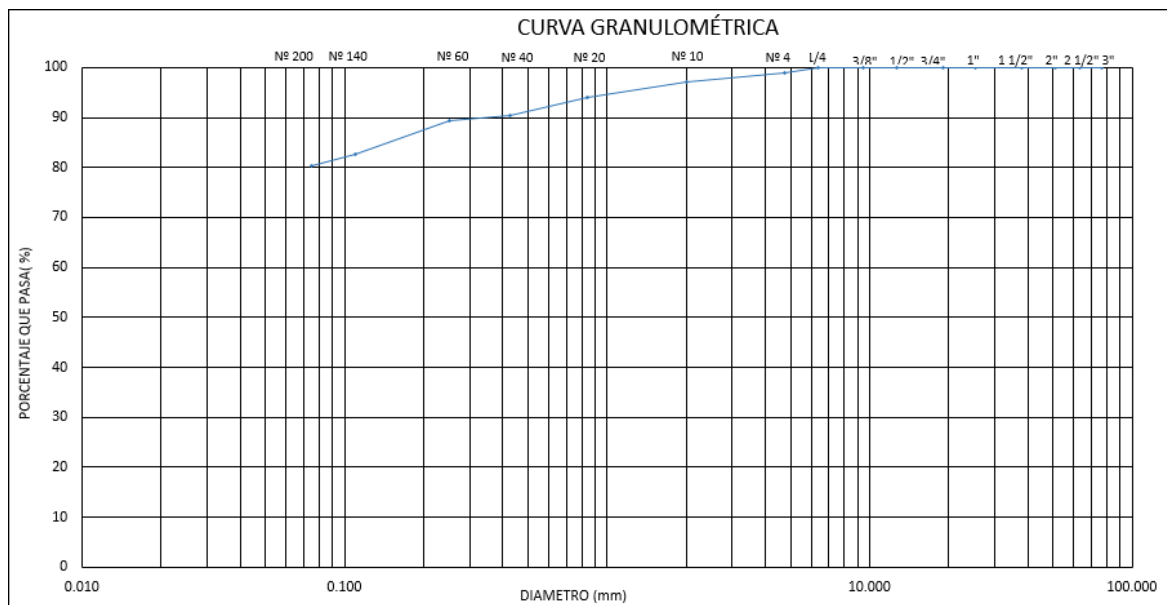


Figura 34. Curva de distribución granulométrica.

- El material que pasa por el tamiz N° 04 es 100 % por lo tanto es un suelo fino.
- El material que pasa por el tamiz N° 200 es 85.28 % superando el 50 % por lo tanto el suelo es fino.

## CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Tabla 4. Resumen de los ensayos de Suelos

ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Humedad	6.86 %
Análisis Granulométrico:	
-Pasa la malla N°200	85.28 %
-Pasa la malla N°04	100 %
Límite Líquido	35 %
Límite Plástico	26 %
Índice de Plasticidad	9 %
Clasificación SUCS	ML

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Según la tabla 4 el material que pasa por el tamiz N° 200 es 85.28 % superando el 50 % por lo tanto es un suelo fino. El límite líquido es equivalente a 35 %, el límite plástico es equivalente a 26 %, por lo tanto el índice de plasticidad es equivalente a 9 %, y de acuerdo a la Carta de Plasticidad y tomando en cuenta los criterios del Sistema Unificado de

Clasificación de Suelos (SUCS), se determina que se cuenta con un Suelo Limo Arenoso Inorgánico de compresibilidad media (ML).

### 4.3. Ensayos en el laboratorio a los adobes elaborados

#### 4.3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión

*Tabla 5. Resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 20 días*

N°	Código adobe	Peso del adobe (g)	Largo del adobe (cm)	Ancho del adobe (cm)	Área del adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	A1	1351.25	9.80	9.90	97.02	1190	12.27
2	A2	1313.61	9.90	9.70	96.03	1170	12.18
3	A3	1342.96	9.90	9.80	97.02	1310	13.50
4	A4	1330.15	10.00	9.90	99.00	1230	12.42
5	A5	1338.16	9.70	9.80	95.06	1250	13.15
6	A6	1325.97	9.90	9.90	98.01	1380	14.08
7	A7	1333.51	9.80	9.90	97.02	1000	10.31
8	A8	1334.26	9.90	10.00	99.00	1100	11.11
9	A9	1334.38	9.80	9.80	96.04	1280	13.33
10	A10	1311.05	9.90	9.70	96.03	1400	14.58
11	A11	1322.70	10.00	10.00	100.00	1610	16.10
12	A12	1316.13	9.90	10.00	99.00	1620	16.36
13	A13	1324.40	9.80	9.90	97.02	1670	17.21
<b>Promedio</b>		<b>1329.12</b>					<b>13.59</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La tabla 5 muestra los resultados de resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 20 días que varían desde 10.31 hasta 17.21 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo el valor promedio de las 13 muestras 13.59 Kg/cm<sup>2</sup>. Se muestra que el adobe que tuvo la mayor resistencia no fue el que presentó mayor peso.

Tabla 6. Resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 28 días

N°	Código adobe	Peso del adobe (g)	Largo del adobe (cm)	Ancho del adobe (cm)	Área del adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	B1	1307.14	9.90	9.80	97.02	1690	17.42
2	B2	1317.67	9.70	9.90	96.03	1670	17.39
3	B3	1319.03	9.80	9.90	97.02	1590	16.39
4	B4	1325.11	9.90	10.00	99.00	1730	17.47
5	B5	1345.65	9.80	9.70	95.06	1400	14.73
6	B6	1301.41	9.90	9.90	98.01	1820	18.57
7	B7	1310.42	9.90	9.80	97.02	1830	18.86
8	B8	1347.89	10.00	9.90	99.00	1400	14.14
9	B9	1321.39	9.80	9.80	96.04	1800	18.74
10	B10	1317.76	9.70	9.90	96.03	1580	16.45
11	B11	1324.21	9.80	9.90	97.02	1670	17.21
12	B12	1311.77	10.00	9.90	99.00	1750	17.68
13	B13	1300.34	9.90	9.80	97.02	1470	15.15
<b>Promedio</b>		<b>1319.21</b>					<b>16.94</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la tabla 6 se observa resultados de resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 28 días que varían desde 14.14 hasta 18.86 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo el valor promedio de las 13 muestras 16.94 Kg/cm<sup>2</sup> (superior al promedio de muestras secadas a los 20 días que es 13.59 Kg/cm<sup>2</sup>).

Tabla 7. Resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 36 días

N°	Código adobe	Peso del adobe (g)	Largo del adobe (cm)	Ancho del adobe (cm)	Área del adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	C1	1284.74	9.80	9.90	97.02	1880	19.38
2	C2	1271.00	9.90	9.70	96.03	2000	20.83
3	C3	1325.17	9.90	9.80	97.02	1810	18.66
4	C4	1317.99	10.00	9.90	99.00	1990	20.10
5	C5	1306.40	9.70	9.80	95.06	2270	23.88
6	C6	1330.08	9.90	9.90	98.01	2490	25.41
7	C7	1343.27	9.80	9.90	97.02	1870	19.27
8	C8	1302.74	9.90	10.00	99.00	1860	18.79
9	C9	1281.23	9.80	9.80	96.04	2170	22.59
10	C10	1302.07	9.90	9.70	96.03	2170	22.60
11	C11	1294.75	9.90	9.80	97.02	2110	21.75
12	C12	1307.92	9.90	10.00	99.00	1980	20.00
13	C13	1293.88	9.80	9.90	97.02	1830	18.86
<b>Promedio</b>		<b>1304.71</b>					<b>20.93</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la tabla 7 se observa resultados de resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 36 días cuyo valor mínimo y máximo le corresponde a la muestra con código C3 y C6 siendo 18.66 y 25.41 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. El valor promedio de las 13 muestras es 20.93 Kg/cm<sup>2</sup>, superior al promedio de muestras secadas a los 20 y 28 días.

Tabla 8. Resumen del promedio de la resistencia a la compresión y peso de bloques de adobe secados a los 20; 28 y 36 días

Días	Promedio	
	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso (g)
20	13.59	1329.12
28	16.94	1319.21
36	20.93	1304.71

Fuente: Elaboración propia, 2020.

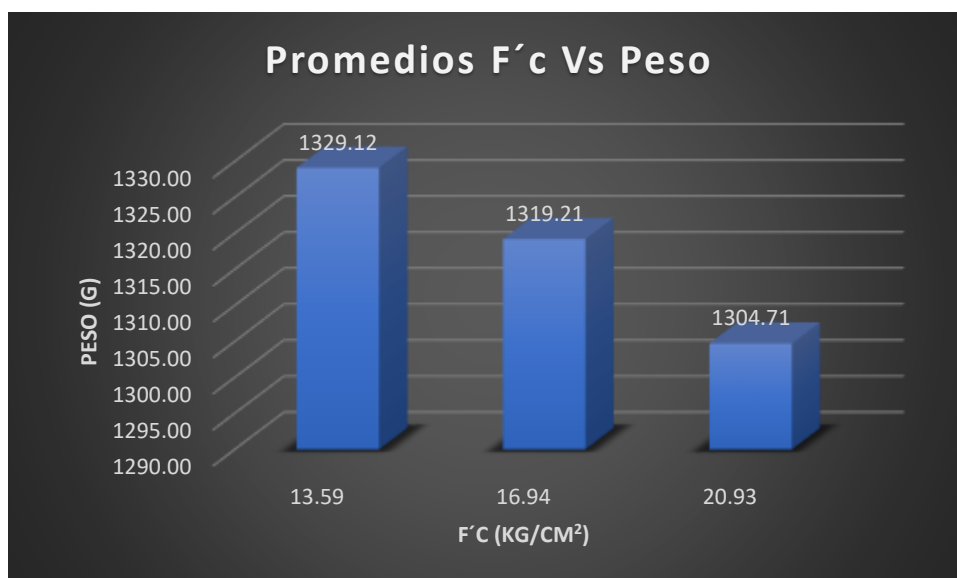


Figura 35. Gráfica de promedio de resistencia a la compresión versus peso.

En la figura 35 se puede apreciar que las unidades de adobes secados a los 36 y 20 días tienen el peso promedio de 1304.71 y 1329.12 Kg alcanzando una resistencia a la compresión promedio de 20.93 Kg/cm<sup>2</sup> y 13.59 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo esta última resistencia la más baja de todas.

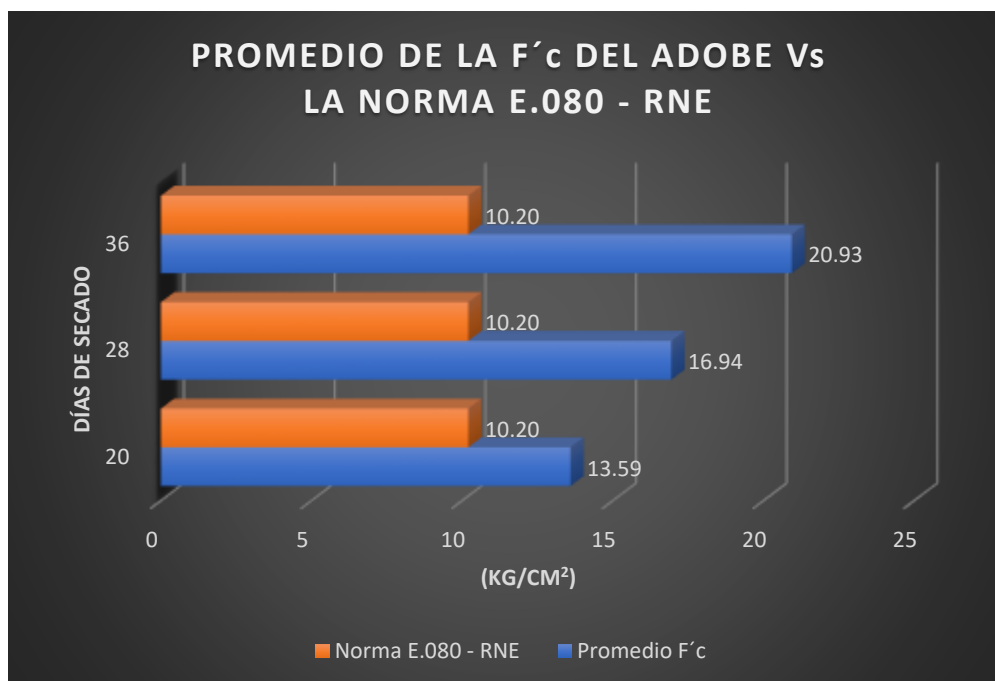


Figura 36. Gráfica comparativa con la norma E. 080

*Tabla 9. Resumen general de la resistencia a la compresión de bloques de adobe secados a los 20, 28 y 36 días*

N°	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	D20	D28	D36
<b>1</b>	12.27	17.42	19.38
<b>2</b>	12.18	17.39	20.83
<b>3</b>	13.50	16.39	18.66
<b>4</b>	12.42	17.47	20.10
<b>5</b>	13.15	14.73	23.88
<b>6</b>	14.08	18.57	25.41
<b>7</b>	10.31	18.86	19.27
<b>8</b>	11.11	14.14	18.79
<b>9</b>	13.33	18.74	22.59
<b>10</b>	14.58	16.45	22.60
<b>11</b>	16.10	17.21	21.75
<b>12</b>	16.36	17.68	20.00
<b>13</b>	17.21	15.15	18.86
<b>Prom. (x̄)</b>	<b>13.59</b>	<b>16.94</b>	<b>20.93</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La tabla 9 presenta las resistencia a la compresión de los 3 periodos de secado (20, 28 y 36 días) donde el menor valor lo presenta la muestra A7 con 10.31 Kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al periodo de secado de 20 días; y el mayor valor lo presenta la muestra C6 con 25.41 Kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al periodo de secado de 36 días. Sin embargo, todas las unidades de adobe superan los 10.2 Kg/cm<sup>2</sup>, valor mínimo requerido por la norma E.080 - RNE.

Los adobes secados a los 36 días (D36) ofrecen una resistencia a la compresión de 20.93 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo un 23.55 y 54.01 % superior a los adobes secados a los 28 y 20 días (D28 y D20) que obtuvieron una resistencia a la compresión de 16.94 y 13.59 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Los adobes secados a los 28 días son superiores en un 24.65 % a los adobes secados a los 20 días. Siendo el tiempo de secado la única variante, se puede indicar que a mayor tiempo de secado es mayor la resistencia a la compresión.

### Análisis estadístico 1

Tabla 10. Resultado del Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de significancia de Tukey de la Resistencia la compresión vs Periodo Secado

Periodo Secado	n	Media	Grupo*	Desv. Est.	IC de 95 %	Coef. Variación (%)
20	13	13.585	c	2.054	(12.501; 14.669)	15.1
28	13	16.939	b	1.511	(15.855; 18.023)	8.9
36	13	20.932	a	2.154	(19.848; 22.016)	10.3

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

\*Las medias que tienen letras diferentes, son significativamente diferentes.

En cuanto a la resistencia a la compresión, la tabla 10 indica que el periodo de secado del día 36 es estadísticamente superior al periodo de secado del día 28 y 20; y el periodo de secado del día 28 es estadísticamente superior al periodo de secado del día 20 (a un nivel de confianza del 95 %; contrario aún, existe la probabilidad del 5 % que todos los periodos de secado sean iguales o que produzcan el mismo efecto).

### *Correlación Pearson*

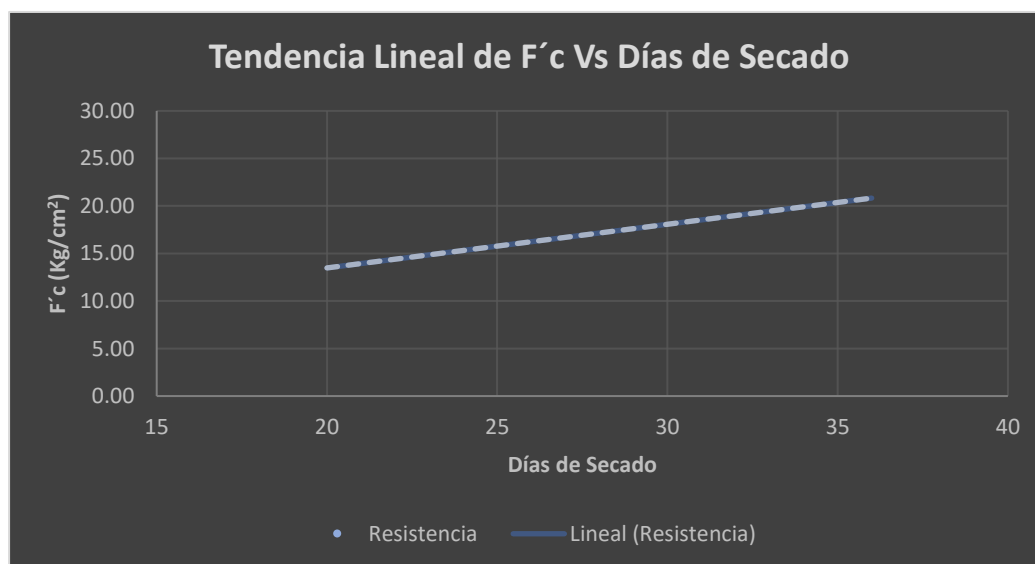


Figura 37. Resistencia a la compresión del adobe según tiempo de secado

$p$  - valor= 0.000

De acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson (Anexo 3.1) los días de secado y sus  $F'c$  (Kg/cm²) obtenidos están relacionadas ( $\alpha=0.05$ ). El valor de  $R$  fue 0.8502 (para  $R^2=$

0.7228) lo que se interpreta que: un 85.02 % de los valores del incremento de la  $F'c$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) es debido al incremento de los días de secado; o que el incremento de la  $F'c$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) y los días de secado comparten un 85.02 % de elementos; o que tanto los  $F'c$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) y los días de secado ponen en juego un 85.02 % de elementos comunes. Los días de secado otorgan un 85.02 % de variabilidad en la  $F'c$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ). Queda por ello “ $1 - 0.7228 = 0.2772$ ”. A este valor (0.2772) se le denomina Coeficiente de No Determinación o Coeficiente de Alienación.

Se concluye que existe una Correlación positiva entre fuerte y perfecta, lo que se traduce que en la medida que aumenta los días de secado, también aumentan la resistencia a la compresión y viceversa.

#### **4.3.2. Ensayo de Absorción de humedad**

Todas las unidades de adobe sometidas a este ensayo al tener contacto con el agua tendieron a deformarse totalmente, adquiriendo una forma pastosa, siendo las bolsas plásticas las que no permitieron perder partículas de este material y haciendo posible la determinación de su absorción.

Los resultados y sus promedios de sus respectivos tiempos de secado (entre otros) obtenidos en este ensayo se detallan a continuación en la tabla 11.



*Tabla 11. Absorción de agua de los bloques de adobe*

N°	Código adobe	Tiempo de secado (días)	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Contenido humedad absorbida (g)	Absorción (%)	Promedio (%)
1	X1	20	8906.70	11570.61	2663.91	29.91	<b>29.27</b>
2	X2		8858.10	11093.14	2235.04	25.23	
3	X3		9079.50	11912.53	2833.03	31.20	
4	X4		9237.00	11777.00	2540.00	27.50	
5	X5		9141.00	12112.58	2971.58	32.51	
1	Y1	28	8966.60	11940.53	2973.93	33.17	<b>34.38</b>
2	Y2		8863.00	11901.53	3038.53	34.28	
3	Y3		8732.40	11617.53	2885.13	33.04	
4	Y4		8733.00	12018.53	3285.53	37.62	
5	Y5		9018.90	12065.53	3046.63	33.78	
1	Z1	36	8838.80	12261.00	3422.20	38.72	<b>36.62</b>
2	Z2		9334.50	12322.00	2987.50	32.00	
3	Z3		9176.90	12577.00	3400.10	37.05	
4	Z4		9193.00	12610.00	3417.00	37.17	
5	Z5		9152.20	12645.00	3492.80	38.16	

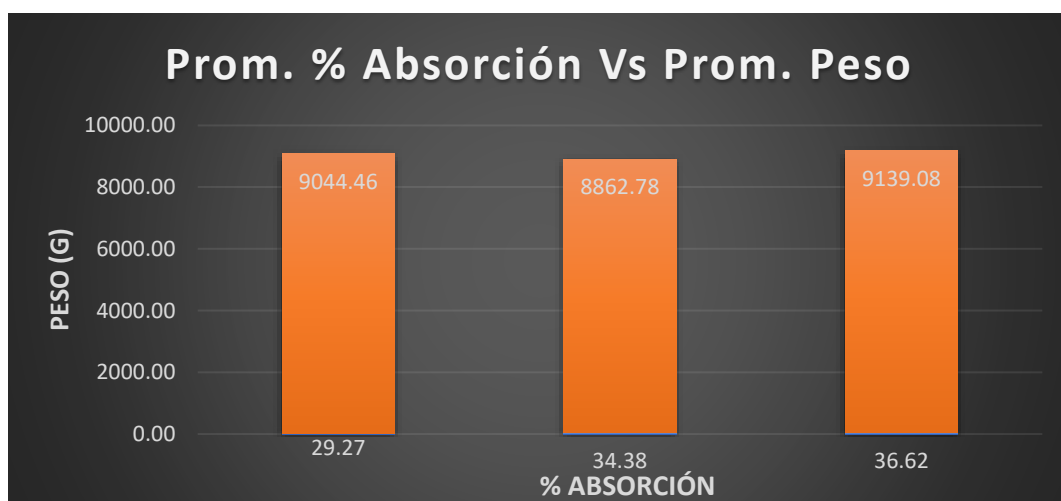
Fuente: Elaboración propia, 2020.

La tabla 11 presenta el porcentaje (%) de absorción de agua de los bloques de adobe de los 3 periodos de secado (20; 28 y 36 días) donde el menor valor lo presenta la muestra X2 con 25.23 % correspondiente al periodo de secado de 20 días; y el mayor valor lo presenta la muestra Z1 con 38.72 % correspondiente al periodo de secado de 36 días.

*Tabla 12. Resumen promedio de absorción de agua por bloques de adobe secados a los 20; 28 y 36 días*

<b>Días</b>	<b>Absorción Promedio (%)</b>	<b>Peso Promedio (g)</b>
20	29.27	9044.46
28	34.38	8862.78
36	36.62	9139.08

Fuente: Elaboración propia, 2020



*Figura 38. Promedios % Absorción Vs Promedios Peso*

Los adobes secados a los 20 días ofrecen una absorción de humedad de 29.27 % siendo en un 17.46 % inferior a los adobes secados a los 28 días que obtuvieron una absorción de 34.38 % y en 25.11 % inferior a los adobes secados a los 36 días quienes obtuvieron una absorción de 36.62 %. Los adobes secados a los 28 días son inferiores en un 6.52 % a los adobes secados a los 36 días, considerando que el único factor que ha variado es tiempo de secado.

*Tabla 13. Resumen general de absorción de agua de los bloques de adobe secados a los 20; 28 y 36 días*

N°	ABSORCIÓN (%)		
	D20	D28	D36
1	29.91	33.17	38.72
2	25.23	34.28	32.00
3	31.20	33.04	37.05
4	27.50	37.62	37.17
5	32.51	33.78	38.16
<b>Prom. (x̄)</b>	<b>29.27</b>	<b>34.38</b>	<b>36.62</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Según la tabla 13 los promedios obtenidos en absorción de humedad son 29.27; 34.38 y 36.62 % para los adobes secados a los 20, 28 y 36 días respectivamente, siendo los adobes secados a los 36 días los más desfavorables ya que presentaron mayor absorción.

### **Análisis estadístico 2**

*Tabla 14. Resultado del Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de significancia de Tukey de la absorción de agua y periodo de secado*

Tiempo	n	Media	Grupo*	Desv. Est.	IC de 95 %
<b>20</b>	5	29.27	b	2.92	(26.80; 31.73)
<b>28</b>	5	34.378	a	1.881	(31.913; 36.843)
<b>36</b>	5	36.62	a	2.67	(34.16; 39.09)

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

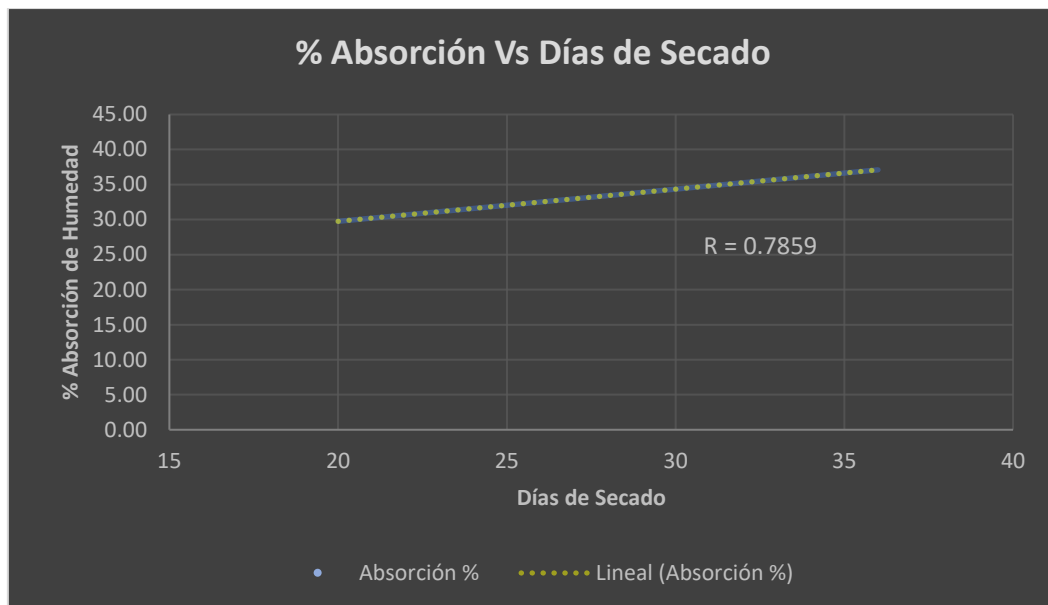
\*Las medias que tienen letras diferentes, son significativamente diferentes.

Según el análisis de varianza (ANOVA) los resultados obtenidos son estadísticamente diferentes (Anexo 3.2); es decir, los periodos de secado ensayados influyen significativamente en la absorción de agua de los bloques de adobe.

La prueba de significancia de TUKEY indica que el periodo de secado D36 (36 días de secado) es estadísticamente superior al periodo de secado D20 (20 días de secado); y el periodo de secado D28 (28 días de secado) es estadísticamente superior al periodo de

secado D20. Sin embargo, el periodo de secado D36 no estadísticamente superior al D28 respecto a la absorción de agua de los bloques de adobe. La diferencia entre los promedios de los periodo de secado D36 y D28 no supera a las Amplitudes Límites de Significación de TUKEY ( $ALS_{(T)}$ ), según la prueba de significancia de TUKEY, por lo que no es significativo un periodo de secado sobre el otro (D36 no es superior a D28 a un nivel de confianza del 95 %), contrario aún, existe la probabilidad del 5 % que ambos periodos desecado sean iguales o que produzcan el mismo efecto. Concluyendo además, que aunque pueden ser numéricamente diferentes, son estadísticamente iguales.

### *Correlación de Pearson*



*Figura 39. Absorción de humedad del adobe según tiempo de secado*  
*p - valor= 0.001*

De acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson (Anexo 3.2) los días de secado y % absorción obtenidos están relacionadas ( $\alpha=0.05$ ). El valor de R fue 0.7859 (para  $R^2= 0.6176$ ) lo que se interpreta que el 78.59 % de los valores del incremento del % de absorción es debido al incremento de los días de secado. Se concluye que existe una correlación positiva entre moderada y fuerte lo que se traduce que en la medida que aumenta los días de secado, también aumentan el % absorción y viceversa.

## V. DISCUSIÓN

Al culminar la ejecución de las pruebas rápidas de campo (de acuerdo a la norma E.080 - RNE) para determinar si el suelo de la cantera seleccionada es adecuado para la fabricación de adobes, se obtuvo como resultado que la cinta de barro alcanzó una longitud de 22 cm de largo y que ninguna de las cuatro bolitas ensayadas se quebraron, rompieron o agrietaron, por lo tanto el sustrato de dicha cantera fue un suelo fino adecuado para la elaboración de adobes, no difiriendo con la investigación de Lozano y Zurita (2019) que utilizando suelo fino realizaron las mismas pruebas de campo, obteniendo resultados similares a los de esta investigación, concluyendo que el sustrato ensayado fue favorable para la elaboración de adobes.

Se determinó que el valor promedio del contenido de humedad del suelo natural empleado para esta investigación fue de 6.86 %, este dato se tuvo en cuenta para descontar la cantidad de agua a agregar, al momento de preparar la mezcla de barro para elaborar el adobe, debido que la norma E.080 - RNE exige que el contenido de humedad no debe superar el 20 % con respecto al peso del contenido seco.

Los resultados de esta investigación en cuanto a la resistencia a la compresión de los adobes secados a los 20 y 28 días fueron 13.59 Kg/cm<sup>2</sup> y 16.94 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, ubicándose hasta 10 veces menos sobre la resistencia a la compresión requerida por la NTP E.070 para ladrillos de Clase V, donde las unidades de arcilla cocida con mayor resistencia a la compresión mínima es de 180 Kg/cm<sup>2</sup> similar al estudio de Arroyo et al (2013), realizando una investigación para determinar las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en México (Estado de Guerrero), obteniendo como resultado que la mampostería de adobe poseía una resistencia mecánica a la compresión axial extremadamente baja, hasta 10 veces menos en comparación a la mampostería de arcilla recocida.

Manrique (2016) fabricó adobes aplicando cuatro tratamientos de 10 %, 20 %, 30 % y 40 % de cáscara de arroz secándolos por 35 días, obteniendo que los adobes con 40 % de cáscara de arroz pesaban 3.60 Kg (menor peso promedio) con una resistencia a la compresión de 80.58 kg/cm<sup>2</sup> superando estadísticamente al resto. Los adobes con 10 % de cáscara de arroz tenían el mayor peso de 4.18 Kg; sin embargo, tenía la más baja resistencia a la compresión promedio de 27.84 kg/cm<sup>2</sup>. Al comparar con los resultados de la presente investigación se corrobora que a mayor peso, menor resistencia a la compresión y viceversa.

En los resultados de ambas investigaciones se puede observar que al disminuir el peso de los adobes tradicionales, mayor será la resistencia a la compresión o viceversa, ya sea por pérdida de humedad o por remplazar sustrato por material orgánico estabilizante en óptimas cantidades.

La norma E.070 - RNE manifiesta que los ladrillos de arcilla cocida pueden ser usados en la construcción de muros no portantes y clasificados como unidades de albañilería para fines estructurales clase Bloque NP si estos superan los 20 Kg/cm<sup>2</sup>; por lo tanto, en esta investigación las unidades de adobes secados a los 36 días podrían ser clasificados como tal, debido a que tuvieron una resistencia promedio a la compresión de 20.93 Kg/cm<sup>2</sup>.

La norma E.080 - RNE exige que la resistencia última a la compresión de unidades de adobe debe ser  $\geq 10.2$  Kg/cm<sup>2</sup> secados a los 28 días, por lo que este estudio lo ha superado en todas sus 39 unidades de adobe secados a los 20, 28 y 36 días, donde el menor valor lo presenta la muestra A7 con 10.31 Kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al periodo de secado de 20 días; y el mayor valor lo presenta la muestra C6 con 25.41 Kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al periodo de secado de 36 días.

Con los resultados obtenidos puede corroborarse que a mayor tiempo de secado de los adobes, estos ofrecen mayor resistencia a la compresión, pudiéndose inferir que es porque perderán más humedad en el proceso de evaporación, ya que su presencia en el adobe le atribuye un mal comportamiento frente a sismos e inundaciones.

Con respecto de la hipótesis planteada, se puede concluir que esta se cumple debido a que los adobes secados a los 28 días obtuvieron una resistencia a la compresión de 16.94 Kg/cm<sup>2</sup> siendo superior en un 66.08 % a la norma E.080 - RNE, la cual exige que los adobes deben cumplir con una resistencia mínima a la compresión de 10.20 Kg/cm<sup>2</sup>.

Bestraten, Hormias y Altemir (2011) afirman que la gran diferencia del adobe con el tapial y el BTC (Bloque de Tierra Comprimida) es la cantidad de agua necesaria en el proceso de fabricación del adobe, requiriendo para su secado la incorporación de fibras vegetales para evitar fisuraciones por retracción, coincidiendo con el reporte de Saroza, Rodriguez, Menéndes y Barroso (2008), mostrando que la fibras orgánicas limitan las variaciones de volumen que se producen en el adobe durante el proceso de retracción que ocurre en la etapa de secado, evitando que el ladrillo se fisure en exceso, coincidiendo con esta investigación, ya que se elaboraron adobes con adición de cáscara de arroz y agua, obteniéndose especímenes libres de grietas y fisuraciones.

La norma E.070 - RNE establece que la unidad de arcilla no debe sobrepasar el 22 % de absorción de humedad; sin embargo, los resultados de absorción obtenidos en este estudio son 29.27 %, 34.38 % y 36.62 % de absorción de humedad para los adobes secados a los 20, 28 y 36 días respectivamente; por lo tanto, no serían aceptados por que superan el límite establecido por dicha norma.

En la investigación de Alvarez, Arcos y Marchant (1986), reportan que para la confección de adobes es conveniente utilizar suelos con baja plasticidad, debido a que cuanto más alto sea el índice de plasticidad, mayor será la cantidad de agua contenida en la masa, lo cual tiende a convertirlos en moldeables, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación donde se utilizó suelos de clase ML para la elaboración de adobes, evidenciándose que las probetas sometidas al ensayo de absorción ninguna mantuvo su forma original (rectangular), deformándose en su totalidad convirtiéndose en masas de lodo muy plásticas y maleables.

Lozano y Zurita (2019) ensayaron 24 probetas de adobe a pruebas de absorción de humedad entre especímenes estabilizados con confitillo y sin confitillo donde sólo fueron posibles determinar su capacidad de absorción de dos muestras las cuales corresponden al tratamiento con 0 % de confitillo obteniendo una absorción de 10.24 %, y los adobes estabilizados con confitillo ninguno superó la prueba de absorción, porque se disolvieron y se convirtieron en masas de barro, concluyendo que la adición de confitillo no es favorable para mejorar sus índices de absorción de humedad.

Caso similar sucedió con Cabrera y Huaynate (2010) donde realizaron ensayos de absorción utilizando adobes tradicionales y adobes cubiertos con impermeabilizante Plasticoat, obteniendo como resultado que ambos tipos de adobe perdieron su forma

original (rectangular) convirtiéndose en lodo y desintegrándose totalmente, siendo imposible determinar la absorción de humedad, concluyendo que la prueba de absorción no es aplicable en adobes tradicionales. Por consiguiente, los resultados obtenidos en la presente investigación no difieren con los resultados de los estudios antes mencionados, ya que todas las muestra de adobes también se deformaron convirtiéndose en una masa de barro pastosa. No obstante, fue posible determinar la absorción de todas las piezas de adobe debido a que cada espécimen fue sumergido dentro de una bolsa plástica con agua contenida, para no perder material representativo, de tal forma que fue posible encontrar la absorción de humedad de cada probeta de adobe.

Mantilla (2018) ensayó adobes tradicionales elaborados con 2 % de paja que fueron secados por un periodo de 60 días, obteniendo resultados de resistencia a la compresión de 22.22 Kg/cm<sup>2</sup> y absorción de humedad 17.97 %, siendo la resistencia a la compresión similar a los adobes de esta investigación secados a los 36 días cuyo valor es 20.93 Kg/cm<sup>2</sup>. En el caso de absorción de humedad el valor de esta investigación fue 36.62 %, siendo más que el doble, probablemente por contener el 40 % de fibras estabilizantes, las cuales tienen más capacidad de absorber contenido de humedad por ser materia orgánica.

En el Perú no existen normas que se apliquen para determinar específicamente la absorción de humedad del adobe, por lo que esta investigación se ha basado en las indicaciones de otras normas aplicadas para ensayos de ladrillo y otras investigaciones similares. La norma E.070 - RNE reconoce que el ensayo de absorción se aplica para unidades de albañilería de arcilla cocida, mas no para unidades de adobe; no obstante, la norma E.080 - RNE no reconoce al ensayo de absorción aplicado para adobes, a pesar que los considera vulnerables a la humedad.



## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

- ✓ De acuerdo a los ensayos de laboratorio, el material obtenido de la cantera de Fila Alta (según la clasificación SUCS) es un suelo ML (Limo Arenoso Inorgánico de compresibilidad media). Material adecuado para la elaboración de adobes convencionales cumpliendo con las expectativas que exige la norma E.080 - RNE.
- ✓ Se determinó que a mayor tiempo de secado, influye positivamente en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe.
- ✓ Los adobes secados a los 36 días ofrecen una resistencia a la compresión de 20.93 Kg/cm<sup>2</sup> siendo en un 23.55 % superior a los adobes secados a los 28 días que obtuvieron una resistencia a la compresión de 16.94 Kg/cm<sup>2</sup> y en 54.01 % superior a los adobes secados a los 20 días quienes obtuvieron una resistencia a la compresión de 13.59 Kg/cm<sup>2</sup>, y los adobes secados a los 28 días son superiores en un 24.65 % a los adobes secados a los 20 días.
- ✓ Al someter las probetas de adobe a ensayos de absorción, se demostró la alta vulnerabilidad de estos ante la penetración del agua, observándose un tiempo promedio de deformación del adobe de una hora.
- ✓ La absorción de humedad más alta alcanzada en el presente estudio, corresponde a los adobes secados a los 36 días, obteniendo 36.62 %, que comparando con los adobes secados a los 28 y 20 días que alcanzaron 34.38 y 29.27 %, representa un incremento en absorción de 2.24 y 7.35 % respectivamente. La absorción de los adobes secados a los 28 días incrementa en 5.11 % respecto a los adobes secados a los 20 días, siendo todos estos resultados muy perjudiciales puesto que al aumentar la cantidad de días de secado el porcentaje de absorción se incrementa.
- ✓ El mejoramiento de la resistencia a la compresión del adobe fomenta el uso de la tierra como material de construcción.

## 6.2. Recomendaciones

- El secado del adobe debería realizarse variando las posiciones de asentado para que pueda secarse homogéneamente y no sufrir retracciones considerables en cualquiera de sus lados.
- El RNE debería implementar la norma E.080 para determinar la absorción de humedad del adobe, ya que es un material de construcción que ofrece un mal comportamiento frente a inundaciones.
- Probar los mismos ensayos ejecutados en esta investigación con los mismos tiempos de secado para adobes elaborados con el uso de una máquina prensadora CINVA RAM, para obtener una mejor cohesión entre las partículas que componen el adobe.
- Evitar las construcciones con adobe tradicional en zonas donde existe un elevado índice de riesgo de desastres especialmente inundaciones, avalanchas, aluviones y huaycos.
- Para futuras investigaciones se debería realizar el secado de los adobes fuera de las épocas de lluvia, ya que estos al ser alcanzados por la humedad tienden a ser alterados sus propiedades físicas y mecánicas.
- Realizar investigaciones con otros tiempos de secado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, L., Arcos, H., y Marchant, E. (1986). *Comportamiento de los suelos para la confección de adobes*. Informes de la Construcción, Vol. 37, n.o 377.
- Arroyo, R., Sánchez, S., y Catalán, P. (2013). *Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la manpostería de adobe del sur de México*. Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 17, No. 3, 2013, ISSN 1665-529-X.
- ASTM. (2005). *D422*. Estados Unidos.
- ASTM. (2005). *D4318*. Estados Unidos.
- Bestraten, S., Hormias, E., y Altemir, A. (2011). *Construcción con tierra en el siglo XXI*. Informes de la Construcción, Vol. 63, 523, 5-20.
- Cabrera, D., y Huaynate, A. (2010). *Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa.
- Diario El Peruano. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma E.080 - RNE. Diseño y construcción con tierra reforzada*. Anexo - Resolución ministerial n° 121-2017-vivienda. Normas Legales.
- Esguerra, M. (2013) *Adobe de suelo derivado de cenizas volcánicas: una alternativa constructiva*. Tesis de pregrado. Universidad Libre de Colombia, Pereira, Colombia.
- INEI (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Lima - Perú.

- Lozano, J. y Zurita, A. (2019). *Resistencia a la compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo Jaén - Cajamarca*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, Perú.
- Manrique, J. (2016). *Evaluación de niveles de cascara de arroz y su influencia sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de adobe*. Zungaro Cocha, 2016. (Tesis doctoral). Universidad Nacional De La Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.
- Mantilla, J. (2018). *Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. (2016) *Manual de ensayo de materiales*. Edición mayo de 2016.
- Norma E-070. (2006). *Albañilería*. Lima- Perú.
- Ruiz, J. y Vidal, F. (2014). *Caracterización mecánica de piezas de adobe fabricado en la región de Tuxtla Gutiérrez*. Espacio ID Innovación más Desarrollo, 4 (7), 130-154. doi: 10.31644/ IMASD.7.2015.a05
- Saroza, B., Rodriguez, M., Menéndes, J., y Barroso, I. (2008). *Estudio de la Resistencia a Compresión Simple del Adobe Elaborado con Los Suelos Procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba*. Informes de la Construcción ISSN: 0020-0883, vol 60.

## *Agradecimientos*

*Expresar nuestro profundo agradecimiento a:*

*A Dios, hacedor y dueño de la sabiduría universal. A nuestro creador, por haberme prestado la vida, la de mis seres queridos y la gente que me rodea; y así poder hacer uso de sus infinitas maravillas naturales, para ser un ser integral y de bien ante la sociedad.*

*Especial agradecimiento a la Dra. Nayka Diaz, Ing. Wilmer Rojas, Marco Zurita y al asesor Ing. Juan Contreras, por su apoyo incondicional y desinteresado en el proceso de transmisión de conocimientos y solución de problemas de desarrollos académicos, como es el perfeccionamiento del presente trabajo de investigación, la cual se ha podido desarrollar de una manera exitosa.*

*A la Universidad Nacional de Jaén: sus docentes, alumnos, administrativos y personal laboral que me instruyeron profesionalmente en la Ciencia Civil, durante los años de permanencia dentro de esta casa de estudio.*

*A Don Teodomiro por instruirnos en el proceso de elaboración empírica de adobes y que gracias a su sencillez es el ente neutral de acercamiento.*

# DEDICATORIA

*A mis padres, Segundo Pérez Delgado y Crisálida Beatriz Concha Meza, por toda su comprensión, apoyo, estímulo y enseñanzas. Ellos son los que me indujeron la educación, desde el inicio de mi formación hasta siempre, por lo que pude adquirir principios y valores para mi desempeño profesional, emocional y social: A ustedes padres les debo quien soy y hasta dónde pueda llegar.*

*A mis hermanos Tania, Sandra, Marcel y Marco Pérez Concha. A mi sobrino Tony, a Yanet E. Seres que de alguna forma directa e indirecta influyeron en mi formación integral.*

**Javier**

*El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios y a mi madre por bendecir mi vida y guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad, por ser mis inspiradores y darme fuerzas para continuar con el proceso de obtener uno de mis objetivos más deseados.*

*Bety mi madre, quien con su amor incondicional, trabajo y sacrificio en todos estos años de mi vida, gracias a ella he llegado hasta aquí y logrado uno de mis mayores anhelos y máximas aspiraciones. Ha sido el mejor orgullo y privilegio de ser hijo de la mejor madre que pueda existir en el mundo.*

**Marcel**

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1: RESULTADOS - ENSAYOS DE SUELOS**



**ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**  
(MTC E 108/ ASTM D 2216)

**SOLICITA** : PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL

PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL  
A LOS 20; 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA

**UBICACIÓN** : DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA

**FECHA** : FEBRERO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA					
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.20 m	<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>	ML
<b>MUESTRA:</b>	M-1	<b>CODIGO DE MUESTRA:</b>	I-1		

Suelo	Muestras			Promedio
	1	2	3	
Peso del suelo húmedo (g) + contenedor (g)	690.37	702.34	680.54	
Peso del suelo seco (g) + contenedor (g)	646.21	657.43	636.54	
Peso del contenedor (g)	0	0	0	
Peso del suelo húmedo (g)	690.37	702.34	680.54	
Peso del suelo seco (g)	646.21	657.43	636.54	
Peso del agua (g)	44.16	44.91	44.00	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	<b>6.83</b>	<b>6.83</b>	<b>6.91</b>	<b>6.86</b>



**RESPONSABLE DE  
LABORATORIO**

JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 168290



**ASESOR DE TESIS**

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD - (MTC E-110; MTC E-111/ ASTM D 4318)**

SOLICITA	:	PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL Y PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER
TESIS	:	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL A LOS 20; 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA
UBICACIÓN	:	DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA
FECHA:	:	FEBRERO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA:	C-1	PROFUNDIDAD:	0.20 m	CLASIFICACIÓN SUCS	ML
MUESTRA:	M-2	CODIGO DE MUESTRA:	I-2		

LÍMITE LÍQUIDO			
N° del contenedor	1	2	3
Peso del contenedor + suelo húmedo gr.	55.18	56.52	54.40
Peso del contenedor + suelo seco gr.	51.01	52.17	51.06
Peso del contenedor gr.	40.81	39.72	39.95
Peso del suelo húmedo gr.	14.37	16.80	14.45
Peso del suelo seco gr.	10.20	12.45	11.11
Peso del agua gr.	4.17	4.35	3.34
Contenido de humedad (%)	40.88	34.94	30.06
N° de Golpes	17.00	26.00	36.00

LÍMITE PLÁSTICO			
N° del contenedor	1	2	Promedio
Peso del contenedor + suelo húmedo gr.	49.46	49.36	
Peso del contenedor + suelo seco gr.	47.95	47.53	
Peso del contenedor gr.	42.09	40.7	
Peso del suelo húmedo gr.	7.37	8.66	
Peso del suelo seco gr.	5.86	6.83	
Peso del agua gr.	1.51	1.83	
Contenido de humedad (%)	25.77	26.79	26.28



L.L.	35
L.P.	26
I.P.	9

  
  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

  
**ASESOR DE TESIS**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D 422)

SOLICITA	: PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL Y PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL A LOS 20; 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA
UBICACIÓN	: DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA
FECHA:	FEBRERO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA:	C-1	PROFUNDIDAD:	0.20 m	CLASIFICACIÓN SUCS	ML
MUESTRA:	M-3	CÓDIGO DE MUESTRA:	I-3		

TAMIZ		Retenido (g)	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)	CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Serie Amer.	ASHTO T-27 (mm)						
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Seco Inicial (g)	526.11
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Material > N°4:	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Material > N°4:	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Material < N°200:	85.28
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Grava:	0.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Arena:	9.73
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	% de Finos:	90.27
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad:	6.86
N° 4	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido:	35
N° 10	4.750	5.09	0.97	0.97	99.03	Límite Plástico:	26
N° 20	2.000	9.81	1.86	2.83	97.17	Índice Plástico:	9
N° 40	0.840	16.08	3.06	5.89	94.11	Clasificación SUCS:	ML
N° 60	0.425	20.19	3.84	9.73	90.27		
N° 140	0.250	4.41	0.84	10.56	89.44		
N° 200	0.110	21.86	4.16	14.72	85.28		
< N° 200	< 0.075	448.67	85.28		100.00		



  
  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

**JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO**  
 INGENIERO CIVIL  
 R.O.C. N° 4389280  
**ASESOR DE TESIS**

## **ANEXO 2: RESULTADOS - ENSAYOS A LOS BLOQUES DE ADOBE**



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE**  
(NORMA E.080 - RNE)

**SOLICITA** : PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL  
PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL  
A LOS 20, 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA

**UBICACIÓN** : DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA

**FECHA** : FEBRERO DEL 2020

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE SECADOS A LOS 20 DÍAS**  
(FECHA DE FABRICACIÓN: 04/12/2019; FECHA DE ENSAYO: 23/12/2019)

N°	CÓDIGO ADOBE	PESO DEL ADOBE (g)	LARGO DEL ADOBE (cm)	ANCHO DEL ADOBE (cm)	AREA DEL ADOBE (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	A1	1351.25	9.80	9.90	97.02	1190	12.27
2	A2	1313.61	9.90	9.70	96.03	1170	12.18
3	A3	1342.96	9.90	9.80	97.02	1310	13.50
4	A4	1330.15	10.00	9.90	99.00	1230	12.42
5	A5	1338.16	9.70	9.80	95.06	1250	13.15
6	A6	1325.97	9.90	9.90	98.01	1380	14.08
7	A7	1333.51	9.80	9.90	97.02	1000	10.31
8	A8	1334.26	9.90	10.00	99.00	1100	11.11
9	A9	1334.38	9.80	9.80	96.04	1280	13.33
10	A10	1311.05	9.90	9.70	96.03	1400	14.58
11	A11	1322.70	10.00	10.00	100.00	1610	16.10
12	A12	1316.13	9.90	10.00	99.00	1620	16.36
13	A13	1324.40	9.80	9.90	97.02	1670	17.21
Promedio							13.59




RESPONSABLE DE  
LABORATORIO



JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 188290  
ASESOR DE TESIS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE**  
(NORMA E.080 - RNE)

**SOLICITA** : PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL

PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL  
A LOS 20, 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA

**UBICACIÓN** : DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA

**FECHA** : FEBRERO DEL 2020

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE SECADOS A LOS 28 DÍAS**  
(FECHA DE FABRICACIÓN: 04/12/2019; FECHA DE ENSAYO: 31/12/2019)

N°	CÓDIGO ADOBE	PESO DEL ADOBE (g)	LARGO DEL ADOBE (cm)	ANCH O DEL ADOBE (cm)	AREA DEL ADOBE (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	B1	1307.14	9.90	9.80	97.02	1690	17.42
2	B2	1317.67	9.70	9.90	96.03	1670	17.39
3	B3	1319.03	9.80	9.90	97.02	1590	16.39
4	B4	1325.11	9.90	10.00	99.00	1730	17.47
5	B5	1345.65	9.80	9.70	95.06	1400	14.73
6	B6	1301.41	9.90	9.90	98.01	1820	18.57
7	B7	1310.42	9.90	9.80	97.02	1830	18.86
8	B8	1347.89	10.00	9.90	99.00	1400	14.14
9	B9	1321.39	9.80	9.80	96.04	1800	18.74
10	B10	1317.76	9.70	9.90	96.03	1580	16.45
11	B11	1324.21	9.80	9.90	97.02	1670	17.21
12	B12	1311.77	10.00	9.90	99.00	1750	17.68
13	B13	1300.34	9.90	9.80	97.02	1470	15.15
Promedio							16.94




RESPONSABLE DE  
LABORATORIO

JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. Civ. N° 100200



ASESOR DE TESIS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE**  
(NORMA E.080 - RNE)

**SOLICITA** : PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL  
PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL  
A LOS 20, 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA

**UBICACIÓN** : DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA

**FECHA** : FEBRERO DEL 2020

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE SECADOS A LOS 36 DÍAS**  
(FECHA DE FABRICACIÓN: 04/12/2019; FECHA DE ENSAYO: 08/01/2020)

N°	CÓDIGO ADOBE	PESO DEL ADOBE (g)	LARGO DEL ADOBE (cm)	ANCHO DEL ADOBE (cm)	ÁREA DEL ADOBE (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	C1	1284.74	9.80	9.90	97.02	1880	19.38
2	C2	1271.00	9.90	9.70	96.03	2000	20.83
3	C3	1325.17	9.90	9.80	97.02	1810	18.66
4	C4	1317.99	10.00	9.90	99.00	1990	20.10
5	C5	1306.40	9.70	9.80	95.06	2270	23.88
6	C6	1330.08	9.90	9.90	98.01	2490	25.41
7	C7	1343.27	9.80	9.90	97.02	1870	19.27
8	C8	1302.74	9.90	10.00	99.00	1860	18.79
9	C9	1281.23	9.80	9.80	96.04	2170	22.59
10	C10	1302.07	9.90	9.70	96.03	2170	22.60
11	C11	1294.75	9.90	9.80	97.02	2110	21.75
12	C12	1307.92	9.90	10.00	99.00	1980	20.00
13	C13	1293.88	9.80	9.90	97.02	1830	18.86
Promedio							20.93




RESPONSABLE DE  
LABORATORIO

JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO  
INGENIERO CIVIL  
C.O.P. N° 100200



ASESOR DE TESIS



**ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE  
(MÉTODO ASTM C -127)**

**SOLICITA** : PEREZ CONCHA MARCEL ANGEL  
PÉREZ CONCHA RODNEY JAVIER

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL  
A LOS 20, 28 Y 36 DÍAS DE SECADO EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA

**UBICACIÓN** : DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA

**FECHA** : FEBRERO DEL 2020

N°	CÓDIGO ADOBE	TIEMPO DE SECADO (DÍAS)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD ABSORVIDO (g)	ABSORCIÓN (%)	Promedio (%)
1	X1	20	8906.70	11570.61	2663.91	29.91	29.27
2	X2		8858.10	11093.14	2235.04	25.23	
3	X3		9079.50	11912.53	2833.03	31.20	
4	X4		9237.00	11777.00	2540.00	27.50	
5	X5		9141.00	12112.58	2971.58	32.51	
1	Y1	28	8966.60	11940.53	2973.93	33.17	34.38
2	Y2		8863.00	11901.53	3038.53	34.28	
3	Y3		8732.40	11617.53	2885.13	33.04	
4	Y4		8733.00	12018.53	3285.53	37.62	
5	Y5		9018.90	12065.53	3046.63	33.78	
1	Z1	36	8838.80	12261.00	3422.20	38.72	36.62
2	Z2		9334.50	12322.00	2987.50	32.00	
3	Z3		9176.90	12577.00	3400.10	37.05	
4	Z4		9193.00	12610.00	3417.00	37.17	
5	Z5		9152.20	12645.00	3492.80	38.16	




RESPONSABLE DE  
LABORATORIO

JUAN ALBERTO CONTRERAS MORETO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 188290



ASESOR DE TESIS



## ANEXO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### ANEXO 3.1. Análisis estadístico del Ensayo de Resistencia a la Compresión

#### *Determinación de los Supuestos:*

1. Supuesto de normalidad de los errores del modelo

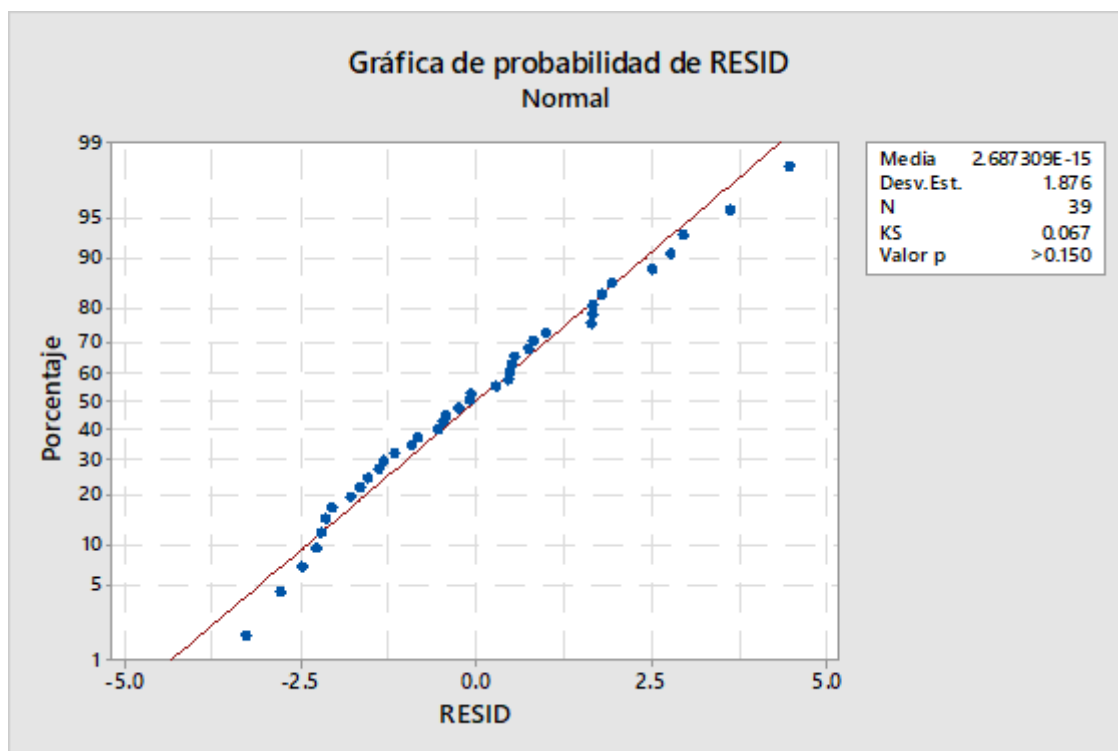


Figura 1. Supuesto de normalidad

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

#### **Hipótesis**

H<sub>0</sub>: Los errores del modelo siguen una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los errores del modelo no siguen una distribución normal

*Donde:*

H<sub>0</sub>: Hipótesis nula

H<sub>1</sub>: Hipótesis alterna

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Conclusión:** Según la prueba kolmogorov-smirnov ( $n = 39 > 30$ ) el Valor P =  $0.150 > 0.05$  por lo que se acepta la Hipótesis nula, concluyendo que los errores del modelo siguen una distribución normal, a un nivel de significancia del 5 %.

## 2. Supuesto de homogeneidad de varianza por grupos

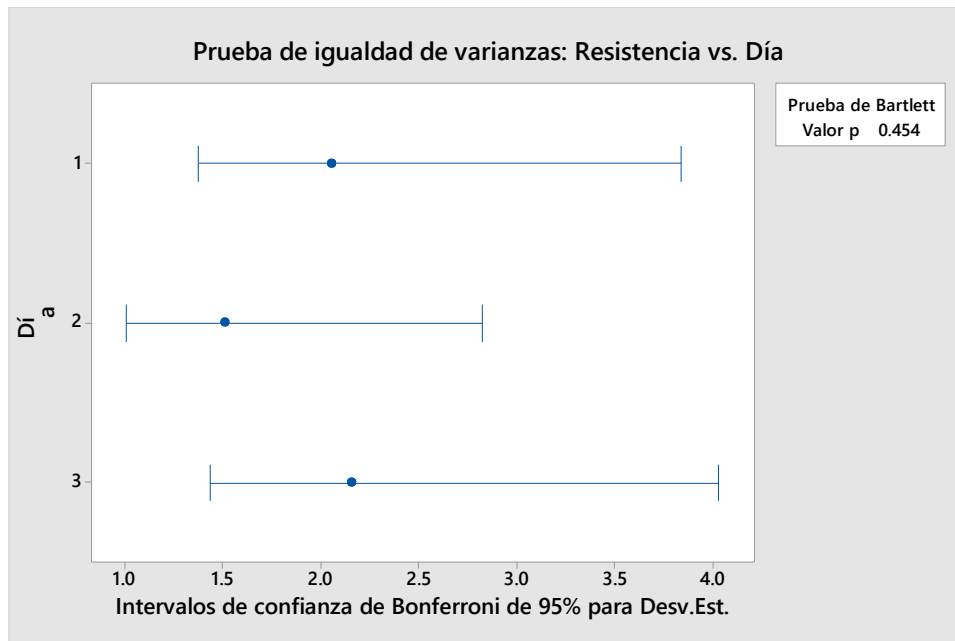


Figura 2. Supuesto de homogeneidad de varianza  
Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

### Hipótesis

H0: Las varianzas de las resistencias por tratamiento son iguales.

H1: Las varianzas de las resistencias por tratamiento son diferentes o por lo menos una es diferente.

Donde:

H<sub>0</sub>: Hipótesis nula

H<sub>1</sub>: Hipótesis alterna

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Conclusión:** Según la prueba Bartlett el valor  $P=0.454 > 0.05$  por lo que se acepta la Hipótesis nula, concluyendo que las varianzas de las resistencias por tratamiento son iguales o no existe diferencias significativas entre las resistencias de dichos grupos, a un nivel de significancia del 5 %.

Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Periodo Secado	2	351.7	175.845	47.34	0.000
Error	36	133.7	3.714		
Total	38	485.4			

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

### Hipótesis

H0: Todas las medias son iguales

H1: No todas las medias son iguales

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Conclusión:** Como el valor  $P=0.000<0.01$ , se acepta la Hipótesis alterna, se concluye que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que no todas las medias son iguales, a un nivel de significancia del 5 %.

Tabla 2. Comparaciones en parejas de Tukey

Periodo Secado	n	Media	Agrupación*
36	13	20.932	a
28	13	16.939	b
20	13	13.585	c

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Por lo tanto:

Tabla 3. Resumen ANOVA y Tukey

Periodo Secado	n	Media	Grupo	Desv. Est.	IC de 95 %	Coef. Variación (%)
20	13	13.585	c	2.054	(12.501; 14.669)	15.1
28	13	16.939	b	1.511	(15.855; 18.023)	8.9
36	13	20.932	a	2.154	(19.848; 22.016)	10.3

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## ANEXO 3.2. Análisis estadístico del Ensayo de CONTENIDO DE HUMEDAD

### 1. Supuesto de normalidad de los errores del modelo

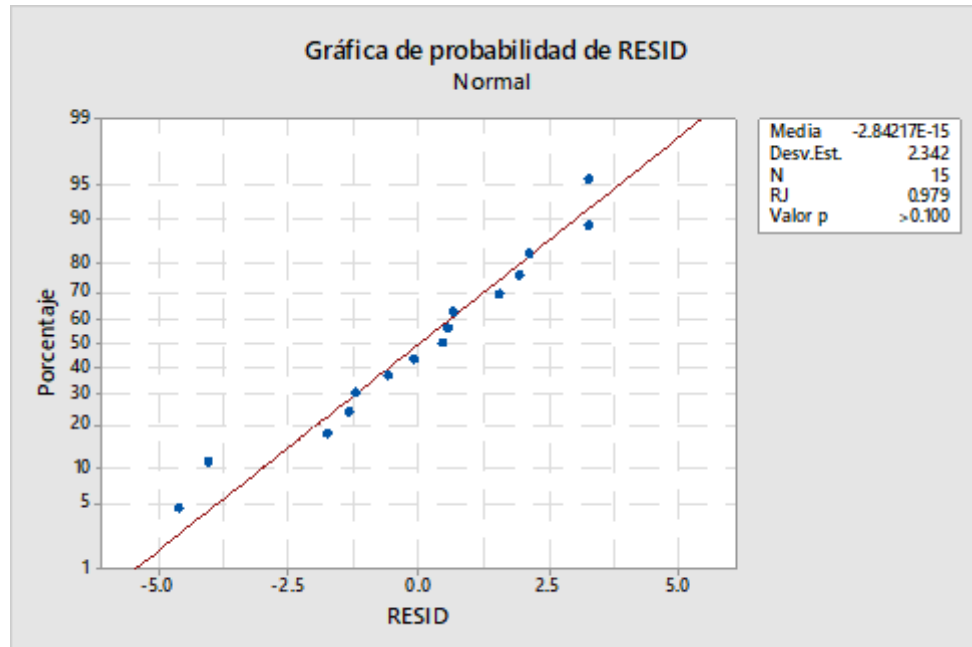


Figura 3. Supuesto de normalidad

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

### Hipótesis

H<sub>0</sub>: Los errores del modelo siguen una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los errores del modelo no siguen una distribución normal

Donde:

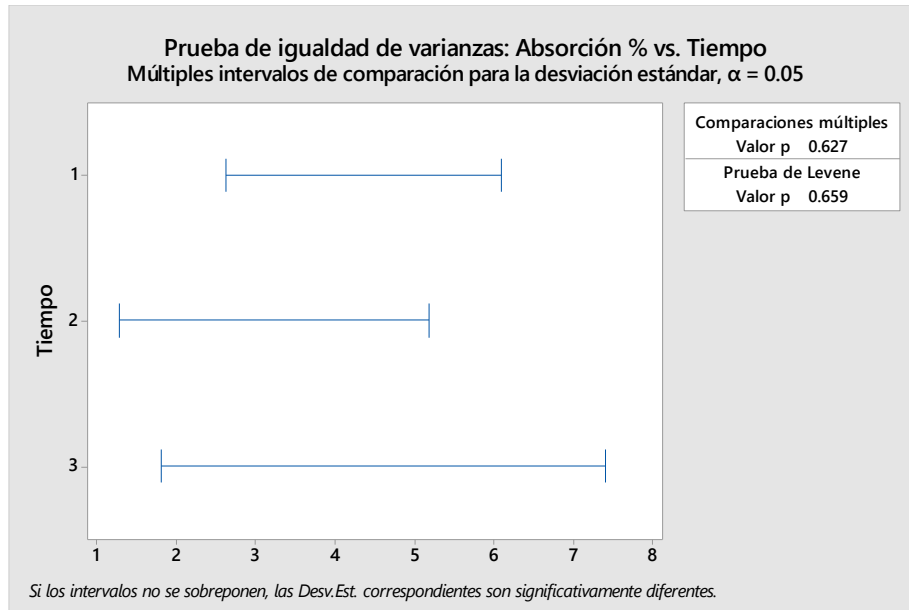
H<sub>0</sub>: Hipótesis nula

H<sub>1</sub>: Hipótesis alterna

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Conclusión:** Según la prueba Ryan - Joiner ( $n = 15 < 30$ ) el Valor P = 0.100 > 0.05 por lo que se acepta la Hipótesis nula, concluyendo que los errores del modelo siguen una distribución normal, a un nivel de significancia del 5 %.

## 2. Supuesto de homogeneidad de varianza por grupos



*Figura 4. Supuesto de homogeneidad de varianza  
Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)*

### Hipótesis

H0: Las varianzas de los % Absorción por tratamiento son iguales

H1: Las varianzas de los % Absorción por tratamiento son diferente o por lo menos una es diferente.

Donde:

H<sub>0</sub>: Hipótesis nula

H<sub>1</sub>: Hipótesis alterna

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Conclusión:** Según la prueba Levene el valor  $P=0.454 > 0.05$  por lo que se acepta la Hipótesis nula, concluyendo que las varianzas de las resistencias por tratamiento son iguales o no existe diferencias significativas entre las resistencias de dichos grupos, a un nivel de significancia del 5 %.

*Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA)*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>Periodo Secado</b>	2	141.95	70.976	11.09	0.002
<b>Error</b>	12	76.80	6.400		
<b>Total</b>	14	218.75			

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

*Tabla 5. Comparaciones en parejas de Tukey*

<b>Periodo Secado</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación*</b>
36	5	36.62	a
28	5	34.378	a
20	5	29.27	b

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

*Por lo tanto:*

*Tabla 6. Resumen ANOVA y Tukey*

<b>Periodo Secado</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>IC de 95 %</b>
20	5	29.27	2.92	(26.80; 31.73)
28	5	34.378	1.881	(31.913; 36.843)
36	5	36.62	2.67	(34.16; 39.09)

Fuente: Elaboración propia (software SPSS 25.0)

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura 1. Reconocimiento de la cantera en el sector Fila Alta.*



*Figura 2. Trituración de la muestra para obtener material más homogéneo.*



*Figura 3. Realizando el Límite Líquido.*



*Figura 4. Realizando el Límite Plástico.*



*Figura 5. Realizando ensayo de granulometría por el método de lavado.*



*Figura 6. Obtención de la cascara de arroz como material estabilizador.*









*Figura 11. Toma de medidas de unidades de adobe (cubos).*



*Figura 12. Probeta de adobe fracturada en el ensayo de resistencia a la compresión*



*Figura 13. Adobes fracturados sometidos al ensayo de resistencia a la compresión.*



*Figura 14. Ensayo de resistencia a la compresión en presencia del responsable del laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén Ing. Wilmer Rojas Pintado.*



Figura 15. Especímenes rotulados para ser ensayados a absorción.



Figura 16. Adobes secados en el horno por 24 horas.



Figura 17. Probetas de adobe saturadas después de sumergidas 24 horas en agua.



Figura 18. Decantación de los adobes saturados para la eliminación del agua superficial excedente.



*Figura 19. Pesado de los adobes saturados para determinar su absorción.*



*Figura 20. Ensayo de absorción de humedad en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil - UNJ.*